

## MATLAB ve ARDUINO Aracılığı ile Santrifüj ve Enjeksiyon Sistemlerinin Uzaktan Kontrolü

### Remote Control of Centrifuge and Injection Systems via MATLAB and ARDUINO

Çağlar ÇİFTÇİOĞLU<sup>1</sup>, Omur KOÇAK<sup>2</sup>, Ali AKPEK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Biyomedikal Mühendisliği  
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

caglarciftcioglu@gmail.com

<sup>2</sup>Biyomedikal Mühendisliği

Başkent Üniversitesi Ankara

okocak@baskent.edu.tr

<sup>3</sup>Biyomedikal Mühendisliği

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

ali.akpek@yeniuyuzuil.edu.tr

#### Özet

Bu çalışmada santrifüj ve enjeksiyon sistemlerinin bileşenleri, santrifüj ve enjeksiyon sistemlerinde kullanılan DC motor'un uzaktan kontrol edilebilmesi için geliştirilen MATLAB ve ARDUINO sistemleri anlatılmıştır. Çalışmalardaki asıl amaç santrifüj ve enjeksiyon sistemlerinde çalışan personelin iş yükünü ve hastalık riskini en aza indirmektir. Santrifüj sistemindeki çalışma sonucunda kontrol odası santrifüj ünitesinden çok farklı bir noktada olduğu zaman dahi cihazı uzaktan kontrol etmek mümkün olabilmektedir. Gelecekte ise bu sistem biyokimya hormon cihazları ile birleştirilebilir ve kan santrifüj içine yerleştirildikten sonra geri kalan bütün işlemler sadece bilgisayardan komut vererek gerçekleştirilebilir. Akabinde ise robot kollar sayesinde santrifüj işlemi gerçekleştirilmiş biyolojik sıvılara yine uzaktan biyokimya ya da hormon analizlerin yapılması ve sonuçların alınması mümkün olabilir. Enjeksiyon sisteminde uzaktan kullanımın pratik faydası haricinde elde edilecek diğer bir kazanç ise radyoloji teknikerlerinin tomografi esnasında radyo opak madde enjekte etmeleri sebebiyle çekim odasına giriş çıkışını en aza indirecek böylelikle teknikerlerin radyasyon alma oranını en aza indirecektir.

**Anahtar Kelimeler** — Matlab üzerinden DC motor kontrolü, ARDUINO üzerinden DC motor kontrolü, Enjeksiyon sistem kontrolü, Santrifüj kontrolü

#### Abstract

In this study, types of centrifuges, dc motor structures, MATLAB and ARDUINO systems that are used to control these structures remotely have been described concisely. The aim of this study is to ensure ease-of-use for centrifuge systems and lower the workload for the users. At the end of the study, It has been observed that it is very easy to control the centrifuge systems even the control unit is far away than the centrifuge

systems. In future, it will be possible to integrate the remotely controlled centrifuge systems with biochemical or hormone devices. Blood samples can be placed into the centrifuge systems, the centrifuged blood sample can be analyzed by biochemical and hormone devices and results can be provided by the assistance of a robotic hand that is jointed to this integrated centrifuge system,

**Keywords** — DC motor control via Matlab, DC motor control via ARDUINO, Injection control system, Control of centrifuge

#### 1. Giriş

Sağlık alanında teknoloji uygulamalarda hassasiyet, güvenilirlik, süreklilik ve takip edilebilirlik çok önemli ve hayat kurtaran özelliklerdir. Bu özellikler sağlık teknolojisi ürünlerinde ancak en son teknoloji takip edilerek sağlanabilir. Bu bağlamda ilerlemekte olan bilgisayar teknolojisindeki yenilikler sıkı bir biçimde takip edilmeli ve biyomedikal alanındaki uygulamaları geliştirilmelidir. [1]

Santrifüj cihazları özellikle kandan kan hücreleri ve plazmasını ayırmak için kullanılır. Bu ayırım işlemi yapıldıktan sonra ayırımı yapılmış örnek detaylı analizi yapılacak olan ilgili biyokimya cihazlarına konulur ve analiz işlemi gerçekleştirilir. Mevcut enjeksiyon uygulamalarında ise hastalara verilecek olan ilaç cinsinin, miktarının ve dozajının ayarlanması, hasta başı ünitelerden veya şırıngalı intravenöz cihazlarında el ile ve bizzat her hastanın yanına giderek cihaz üzerinden yapılabilmektedir. Bu çalışmadaki yenilik aynı anda birden fazla hastanın başına gitmeden gerekli ayarlamaların uzaktan bir PC üzerinden yapılabilmesidir. En önemli yenilik ise uzaktan gerçekleştirilen bu kontrol sayesinde radyasyon bölümlerinde teknikerlerin radyasyona maruz kalmasını önlemek veya en azından bunu asgari düzeye indirmektir. Bu çalışmanın benzer sistemlerden farkı, sıvı akış kontrolü için kullanılan pompayı süren DC motorun uzaktan kontrol edilebilmesini temin etmesidir.[2]

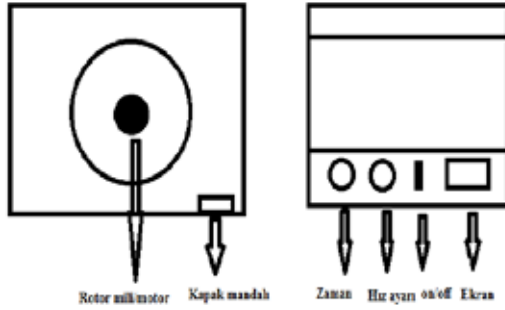
### Tıbbi Cihaz Tasarımı 3

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

Santrifüj ve enjeksiyon sistemini yönlendiren DC motoru uzaktan kontrol edebilmek için ise MATLAB ile yazılmış bir programı kullanacağız.

### 2. Santrifüj Cihazının Bileşenleri

Tüm santrifüjler bir rotor veya santrifüj kafesi, çevirme mili ve motordan oluşurlar. Rotor bir kapak ve mandalla hazırlanan bir odada bulunur. Çoğu santrifüjlerde açma düğmesi, zaman göstergesi, hız kontrolü, takometre ve fren vardır. Bazıları odadaki ısıyı ayarlamak için soğutucu ile donatılmıştır. Bu çalışmada mevcut santrifüj sistemlerine yenilik olarak bu sistemleri uzaktan kontrol eden bir yazılım ve donanım bileşeni de eklenmiştir. [3]



Şekil 1. Santrifüj Cihazının Bileşenleri

### 3. İntervenöz Cihazlar

Birçok tıbbi tedavi ve tıbbi görüntüleme işlemi sırasında hastaya damar yolu ile birtakım sıvıların (kontrast madde) ya da ilaçların verilmesi söz konusu olmaktadır. En basit şekliyle bazı ilaçlar hastaya enjektör ile birkaç saniye içinde verilebilir. Beslenme ya da sıvı eksikliğini gidermek amacıyla damardan serum verilebilir. Yüksek hassasiyetli görüntü alınacağı zaman ise şırınga yoluyla vücuda kontrast madde verilebilir.[4]

Damardan uygulanan bazı tedavilerde ilaçların daha uzun sürede ve/veya belli bir hacimde olması gerekebilir. Bu durumlarda çeşitli tip ve niteliklerde intravenöz terapi cihazları kullanılır.[4] Bu çalışmadaki en belirgin yenilik bahsedilen intervenöz terapi cihazlarını uzaktan etkin bir biçimde kontrol etmek amacıyla mevcut sisteme bir yazılım ve donanım uygulamasının eklenmiş olmasıdır.

### 4.DC Motorların Matematiksel Modeli ve Kontrol Teorisi

Santrifüjlerde ve enjeksiyon sistemlerinde genelde DC yani doğru akım motorları kullanılmaktadır. DC motorlar endüstri kontrol alanında uzun süredir yüksek start tork (moment) karakteristiği, yüksek tepki performansı, lineer kontrol kolaylığı gibi özelliklerinden dolayı yaygın biçimde kullanılmaktadır. [5]

$$N=(V-I_a R_a)/k\phi \quad (1)$$

Bu formülde gösteriyor ki hız (N) armatür direnci (Ra), armatür akımına (Ia) ve statorun oluşturmuş olduğu akıya ( $\phi$ ) bağlıdır.

Eğer geniş skalada hız kontrolü yapılmak isteniyorsa armatür voltaj kontrolü ve akı kontrolü uygulanmalıdır. Bu ikisinin

kombinasyonu sayesinde maksimum ve minimum hız oranı kazancı 20 ile 40 arasında değişebilmektedir. Kapalı döngü kontrolde ise bu oran 200'e kadar çıkmaktadır.[3] Elektriksel devre, armatür ve serbest cisim diyagramı aşağıda gösterilmiştir.[6]

- Ra:** Armatür direnci
- La:** Armatür akısından kaynaklanan armatür self-endüktansı
- Ia:** Armatür akımı
- İf:** uyarma akımı(field current)
- Eb:** Armatürdeki geri emk
- Vt:** Uygulanan voltaj (Rotor)
- T:** Motor torku
- θ:** Motor şaftının açılal yer değiştirmesi
- J:** Motor şaftının ve onunla ilişkili yükün eylemsizlik momenti
- B:** Motor şaftının ve onunla ilişkili yükün sürtünme katsayısı

Şekil 2. DC Motor Gösterimi

DC motorlar genellikle magnetizasyon eğrisinin linear kısmında kullanılır. Bunun için, hava boşluğu akısı  $\Phi$ , field currentla(uyarma akımı) orantılıdır.[3]

$$\phi \propto i_f \quad (2)$$

$$\phi = k_f i_f$$

kf burda sabit.

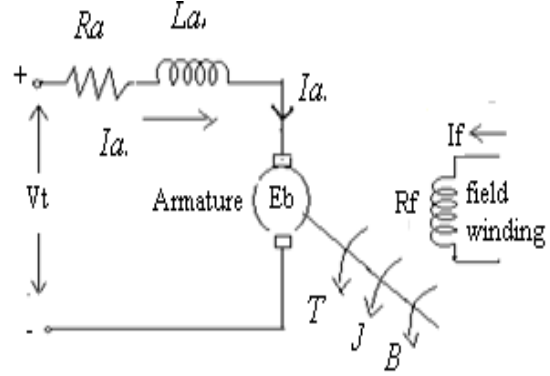
Motor torku( T) armatür akımına ve hava boşluğu akısıyla orantılıdır, yani

$$T \propto \phi i_a$$

$$T = k_a \phi i_a$$

$$T = k_a k_f i_a i_f$$

$$T = k \cdot i_a \quad (3)$$



Motor geri emk'sı ise şöyledir.

$$E_b \propto \phi \omega$$

$$E_b = k_b \omega \quad (4)$$

Kb geri emk sabitidir.

Kirchoff yasasını armatür devresine uygularsak

$$V = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + e_b \quad (5)$$

Yükün matematiksel modellemesi ise

$$T = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega \quad (6)$$

(3), (4), (5), (6). Denklemlerin Laplace dönüşümü alınırsa

$$T(s) = K \cdot I_a(s) \quad (7)$$

$$T(s) = (J s + B) \omega(s) \quad (8)$$

$$E_b(s) = K_b \omega(s) \quad (9)$$

$$V(s) = I_a(s)(R_a + sL_a) + E_b(s) \quad (10)$$

$$V(s) - E_b(s) = I_a(s)(R_a + sL_a) \quad (11)$$

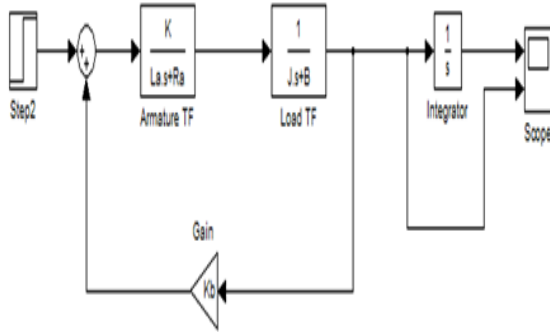
$$T(s) = K I_a(s) = (J s + B) \omega(s) \quad (12)$$

$$I_a(s) = \frac{(J s + B) \omega(s)}{K} \quad (13)$$

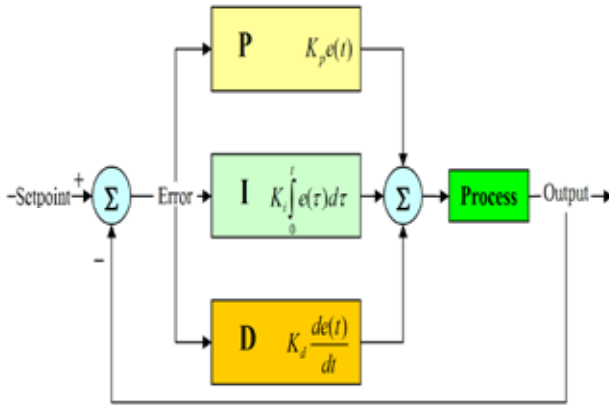
$$V(s) - Kb\omega(s) = \frac{(Js + B)(Ra + sLa)\omega(s)}{K} \quad (14)$$

$$\frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{K}{(Js+B).(Ra+sLa)+KbK} \quad (15)$$

Elde edilen formülde gösterilen transfer fonksiyonu girişine voltaj uygulanan motorun çıkışındaki hız değişimini göstermektedir. Burada oluşan transfer fonksiyonunun blok diyagramını MATLAB Simulink aracılığı ile oluşturduk. Bu blok diyagramı aracılığı ile konum ve hız kontrolü yapılabilmektedir. Oluşturduğumuz DC motorun matematiksel modeli aşağıdaki gibidir.



Şekil 3. DC motorun transfer fonksiyonunun blok diyagramı



Şekil 4. PID kontrolör

#### 4.1. DC Motorların PID Kontrolör ile Sistem Cevabı

**Kp:** Hatanın ve oransal kontrol katsayısının doğrudan fonksiyonudur. (Kp)

$U_p = K_p \cdot (\text{hata miktarı})$  formülüyle elde edilir.[7]

Kp değeri arttıkça yükselme zamanı (tr) (genliğin %10'undan %90'ına gelinceye kadar süre) azalmaktadır. Maksimum aşım (oturma çizgisinin üstünde ve altında kalan dalga genliği) artmaktadır. Son durum hal hatası ise azalmaktadır.

**Ki:** Hata miktarını ve integral kontrolcü katsayısının fonksiyonudur.(Ki) [7] Integral toplama olduğu için hataları toplar ve analiz eder.

$U_i = K_i \int (\text{hata}) dt$  integral kısmının formülüdür.

Ki değerinde artış olduğu zaman yükselme zamanında azalma, maksimum aşımında artma meydana geliyor. Son durum hatasını ise yok eder.

**Kd:** Hatanın değişme hızının ve türevsel kontrol katsayısının doğrudan fonksiyonudur. [7]

$u_d = K_d \cdot (de/dt)$  ise türevsel kısmın formülüdür.

Kd değerinde artış olduğu zaman yükselme zamanında küçük bir artma, maksimum aşımında azalma meydana geliyor. Son durum hatasında ise küçük bir azalma oluyor.

### 5.MATLAB ve ARDUINO Kullanarak Uzaktan Santrifüj ve Enjeksiyon Kontrol

MATLAB ve ARDUINO kullanarak yazılım sayesinde santrifüj ve enjeksiyon sisteminin uzaktan kontrolü sağlanmıştır. Bu sayede iş yükünün azalması hedeflenmiştir. MATLAB (Matrix Laboratory) sayısal hesaplama ve dördüncü nesil hesaplama programı dilidir. Mathworks tarafından geliştirilmektedir. MATLAB matris işlenmesine, fonksiyonlar ve veri çizilmesine algoritmalar uygulanmasına, kullanıcı ara yüzü (GUI) oluşturulmasına ve diğer dillerle yazılmış programlar ile etkileşim oluşturulmasına izin verir. (örnek olarak ARDUINO) C,C++, Java ve Fortran dillerini içerir. [1]

MATLAB ve ARDUINO kartın haberleşmesi için MATLAB'a ve ARDUINO'ya kütüphaneler yüklendi. MATLAB GUI kullanıcı arayüzü oluşturuldu. Ancak GUI ile MATLAB'ın Command Window'unda yazılan kodlar birbirinden farklı olduğu için önce M-File oluşturuldu ve daha sonra GUI'de oluşturulan butonların kodları M-File çağırılarak tamamlandı.



Şekil 5. MATLAB GUI Santrifüj Kullanıcı Arayüzü



Şekil 6. MATLAB GUI Enjeksiyon Sistemi Kullanıcı Ara yüzü

## 6. Sonuçlar

Simulink ile santrifüjde bulunan DC motorun matematiksel modeli oluşturuldu alınan sonuçlara göre blok diyagramı oluşturularak giriş voltajına göre hız ve konum gözlemlendi. PID kontrolcüler kullanılarak hatanın en aza indiği ve sistemin daha hızlı olduğu görüldü. MATLAB ve ARDUINO kullanılarak uzaktan santrifüj ve enjeksiyon sisteminin kontrolü gerçekleştirildi. Bu sayede kullanıcının harcaması gereken iş gücünün en aza indirilmesi temin edildi. Bundan sonraki aşamada ise uzaktan kontrolü tesis edilen bu santrifüj cihazı ile diğer laboratuvar cihazlarının entegre hale gelmesi hedeflenmektedir. Enjeksiyon sistemindeki farklı sonuç ise radyoloji teknikerinin odaya girip çıkmayacağı için alacağı radyasyon en az indirildi.



Şekil 7. Enjeksiyon Sistemi Çalışmasının Son Hali

## 7. Kaynakça

- [1] <http://www.mathworks.com/products/matlab/features.html> 02/08/2015
- [2] Sezgin E. , Ercan C. , Sibel B. , Hayriye K. , (2010) , Hassas Medikal Sıvı Akış Kontrol Otomasyonu, VII. Ulusal Tıp Bilişimi Kongresi Bildirileri
- [3] <http://diyotcu.blogspot.com.tr/2012/02/santrifujler-santrifuj-agrliklar-onemli.html>, 01/08/2015.
- [4] MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, **Biyomedikal Cihazlarda Kalibrasyon**, Biyomedikal Cihaz Teknolojileri Ankara 2012
- [5] Aditya Pratap S. , Udit N. and Akash V. ,(2013), **Speed Control of DC Motor using Pid Controller Based on Matlab**, Selected from International Conference on Recent Trends in Applied Sciences with Engineering Applications,4.6.2013
- [6] Robert B. and Stefano S. , (1999), Matlab and Simulink for Modeling and Control, Delft University of Technology,November 1999
- [7] Dr.Vasfi Emre Ömürlü, **PID kontrolör**, Otomatik kontrol 1, Yıldız Teknik Üniversitesi